関節トルクを用いたヒト四肢の最大力出力分布計測法の提案

Measurement of output force distribution using joint torque

○中西 英介, 大島 徹

富山県立大学工学部知能デザイン工学科 (大学院工学研究科知能デザイン工学専攻)

OEisuke NAKANISHI, Toru OSHIMA

Dept. of Intelligent System Design Eng., Toyama Prefectural Univ.

1. はじめに

四肢の関節トルクの計測手法とそれによる計測結果が独立行政法人製品評価技術基盤機構/生活・福祉技術センターから人間特性データベース¹⁾として公開され、その有効利用が進められている。しかし、二関節筋の存在によって関節が独立ではないことが明らかであるにもかかわらず、四肢の関節トルクの計測手法で計測される関節トルクは、それぞれの関節が独立であることが前提であるため、ここに差異が生じる。そのため、人間特性データベースの関節トルクを安易に用いてヒト四肢の最大力出力分布を論じることの誤りが過去の研究により明らかにされている。²⁾ 関節トルクによる最大力出力分布は二関節筋の存在を考慮しないため、二関節筋を有するヒト四肢の最大出力分布とは異なる。本研究は人間特性データベースの関節トルクを用いて、二関節筋の影響を考慮した四肢の最大出力分布を得る手法を提案する。

2. 実験による比較検証

機能別実効筋力による出力分布の計測に示されている手順²⁾により、手根関節 J_3 における力出力の大きさとその方向を計測し、力出力分布を求めた。同時に、関節トルクの計測手法に示されている手順¹⁾により、肩関節 J_1 における肩関節トルクと肘関節 J_2 における肘関節トルクを個々に計測し、これにより出力分布を求めた。ここで、肩関節 J_1 の関節角度 θ_1 、肘関節 J_2 の関節角度 θ_2 は中立位とした。

図1に、ある被験者の計測結果を示す。白丸は手根関節 J_3 で直接計測された力出力、実線の六角形ABCDEFはこれらより求めた力出力分布を示す。点線の四角形PQRSは、関節トルクの計測手法により計測された関節トルクより求めた出力分布である。対象がヒトであることから生じるばらつき³⁾を考慮すると、他の被験者の結果からもそれぞれの計測手法の再現性、異なる計測手法間の整合性は十分であると考えられる。関節トルクより求められた四角形の出力分布は明らかに誤りである。

3. 出力分布の計測法の提案

図1に示す計測結果にあるように、手根関節 J_3 で数十点の力出力を計測することは、被験者への負担を考えると現実的ではない。ここでは、新たに関節トルクを利用した手法を提案する。図2に示すように、力センサを手根関節 J_3 に固定した状態で関節トルクを計測する。図2に示すように、肘関節 J_2 をコルセットで固定することで、手根関節 J_3 で肩関節トルク T_{f1+f3} , T_{e1+e3} を計測することが可能である。また、上腕を保持することで肘関節トルク T_{f2+f3} , T_{e2+e3} を同様に計測することが可能である。このようにして関節トルクを計測し、さらにPの方向の力出力を計測することで、六角形の力出力分布ABCDEFを得ることができる。これは、力センサの付け替えなどを必要とせず、容易に計測できる。図3には、このようにして求めた六角形の力出力分布を点線で示す。このような方法で、十分に力出力分布を再現できると考えられる。実際には、肩関節トルクのほうが肘関節トルクより大きいために、肘関節トルクの計測には上腕を保持する必要はない。

4. おわりに

四肢の関節トルクの計測手法とそれによる計測結果が独立行政法人製品評価技術基盤機構/生活・福祉技術センターからデータベースとして公開¹⁾され、これらを利用する分野の大きな進展が期待される。ここでは、関節トルクの計測手法を否定するもので

はない。この手法により計測された関節トルクは、関節それぞれに着目した場合の関節トルクであり、二関節筋による関節間の相互作用は考慮されていないために、これまでの多関節系の力学を適用して、ここから出力を求めることは誤りであることを明確にした上で出力を論じる、あるいは製品設計などを行う必要があることを強く示唆するものである。さらに、関節トルクの計測手法をベースとした力出力分布の計測手法の新たな提案は関節トルクと筋力を明確に区別する一助ともなる。

Fig.1 Measured output force distribution

Fig.2 New method for joint torque

Fig.3 Output force distribution measured by new method

参考文献

- 1) 人間特性データベース(<http://www.tech.nite.go.jp/human/>)
- 2) 大島 徹, 藤川智彦, 熊本水頼: 一関節筋および二関節筋を含む筋座標系による機能別実効筋力評価(筋力と四肢先端の出力), 精密工学会誌, 1999, 65, (12)1772.
- 3) 大島 徹, 藤川智彦, 熊本水頼: 一関節筋および二関節筋を含む筋座標系による機能別実効筋力評価(出力分布の簡な計測法), 精密工学会誌, 2001, 67, (6)943.